BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam pelaksanaan struktur bangunan modern. Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat dan kadang-kadang bahan tambahan (admixture) yang berupa bahan kimia, serat, bahan non kimia dengan perbandingan tertentu (Dipohusodo, 1996). Penggunaan beton pada dasarnya memiliki keunggulan-keunggulan diantaranya memiliki kuat tekan yang tinggi, perawatan dan pembentukan yang mudah, serta mudah mendapatkan bahan penyusunnya. Berbagai upaya telah dilakukan penelitian guna memperoleh kemajuan dalam teknologi beton yakni penambahan bahan admixture yang bertujuan mengubah sifat-sifat tertentu dari beton agar lebih baik dan lebih ekonomis, namun tidak menghilangkan sifat dari karakteristik beton itu sendiri. Upaya yang telah dilakukan tersebut adalah pemanfaatan terhadap limbah buangan agrikultur dan industri yang tidak digunakan semaksimal mungkin.

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, krikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang di campur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan adiktif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan

karakteristik tertentu, seperti kemudahan pekerjaan (*workability)*, durabilitas, dan waktu pengerasan. (Latar 1911)

Berdasarkan data didunia,

Indonesia merupakan negara produsen kelapa sawit sejal tahun 1911, dengan areal seluas 170.000 ha. Pada pelita IV perluasannya sudah mencapai 556.549 ha. Diperkirakan bahwa produksi berkisar antara 12,5-27,5 ton tandan buah segar per ha per tahun. Dari seluruh produksi tandan buah sawit ini hanya sekitar 22,1% berupa hasil utama (minyak sawit 20%, dan minyak inti sawit 2,1%). Sekitar 2,2% berupa hasil ikutan (bungkil inti sawit) dan selebihnya yaitu 75,7% berupa limbah, antara lain tandan buah kosong (fesh empty bunch) dan lumpur minyak sawit (Palm Oil Suldge). (Pertanian, studi & Ternak, 2004) (Latar 1911)

Selama ini produksi kelapa sawit hanya buah kelapa sawitnya saja yang dimanfaatkan untuk pembuatan minyak kelapa sawit sedangkan pada Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit selain bijinya, juga menghasilkan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Pemanfaatan TKKS selama ini belum maksimal karena hanya dipakai sebagai mulsa yang ditebarkan di lapangan setelah dibakar. Limbah padat TKKS ini jumlahnya cukup besar yaitu sekitar 6 (enam) juta ton tiap tahunnya tercatat pada tahun 2004 (Ditjen PPHP Deptan, 2006). Untuk itu pemanfaatan limbah abu TKKS ini dapat dijadikan bahan tambah dalam campuran beton.

Menurut hasil penelitian (Pratomo, 2001, dalam Muhardi dkk, 2004) diketahui bahwa abu kelapa sawit dari sisa pembakaran tandan kosong kelapa

sawit mengandung unsur kimia Silika (SiO2) sebanyak 31,45% dan unsur Kapur (CaO) sebanyak 15,2% (Ermiyati, 2007).

Abu tandan kosong kelapa sawit merupakan biomassa dengan kandungan silika (SiO2) yang potensial dimanfaatkan. Pembakaran tandan kosong kelapa sawit menghasilkan abu yang berwarna putih – keabuaban akibat pembakaran dengan suhu yang tinggi. Adapun pemilihan abu tandan kelapa sawit sebagai bahan campuran semen pada beton, yaitu :

1. Pengadaannya cukup mudah dan murah sehingga bila ditinjau dari segi ekonomis akan lebih menguntungkan.
2. Abu kelapa sawit memiliki kandungan Silika (SiO2) yang cukup tinggi dapat menjadi patokan terhadap bahan campuran semen tanpa mengurangi kualitas beton.
3. Pemilihan abu tandan kosong kelapa sawit sebagai campuran semen yang memiliki Silika (SiO2) cukup tinggi merupakan pengikat agregat yang baik.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penulis mencoba melakukan penelitian terhadap "**Pengaruh Abu Tandan Kelapa Sawit (ATKS) Sebagai Subtitusi Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton".**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh substitusi semen dengan abu tandan kelapa sawit terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh substitusi semen dengan abu tandan kelapa kelapa sawit terhadap kuat lentur beton?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh substitusi semen dengan abu tandan kelapa sawit terhadap kuat tekan beton.
2. Mengetahui pengaruh substitusi semen dengan abu tandan kelapa sawit terhadap kuat tarik belah beton.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat terarah dan sesuai dengan tujuan, maka diperlukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran beton sesuai SNI 7656:2012.
2. Kuat tekan beton karakteristik di rencanakan 25 Mpa.
3. Umur beton yang akan di uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk kuat tekan beton dan 28 hari untuk kuat lentur beton.
4. Pengujian yang di lakukan pada uji silinder adalah kuat tekan.
5. Pengujian yang di lakukan pada uji balok adalah kuat lentur.

E. Manfaat Penilitian

Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat dapat mengetahui fungsi lebih dari abu tandan kelapa sawit. Selain itu diharapkan abu tandan kosong

kelapa sawit sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat digunakan dalam teknologi beton.

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelititan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas tentang pengertian beton secara umum, sifat dan karateristik beton, sifat dan karateristik campuran beton, sifat-sifat beton segar, beton mutu tinggi, 4 bahan-bahan penyusun beton dan perancangan campuran beton.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang lokasi dan waktu penelitian, metode penelitian, tahapan penelitian, pengujian bahan penyusun beton serta penggunaan alat dalam penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang hasil penelitian bahan-bahan penyusun beton, pelaksanaan campuran, pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dengan bahan ikat abu tandan kelapa sawit (ATKS).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini ditarik kesimpulan dari hasil analisis uji kuat tekan beton dan saran objektif, termasuk daftar pustaka dan lampiran, untuk memudahkan pembaca mempelajari isi laporan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Beton merupakan salah satu bahan material yang umum digunakan dalam dunia konstruksi khususnya pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, dan pembangunan gedung (Panjaitan, Ramadhani, and Sitanggang 2021). Menurut Mulyono (2004) Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additivie*).

Beton adalah material yang diperoleh dari campuran (komposit) yang terdiri dari beberapa bahan yaitu antara lain agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta terkadang ditambahkan pula dengan bahan tambah lain seperti zat *additive* dengan perbandingan proporsi yang telah ditentukan. Penentuan kualitas beton sangat bergantung pada kualitas bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beton tersebut (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021).

Beton merupakan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Berbagai bangunan didirikan dengan menggunakan beton sebagai konstruksi utama, baik bangunan gedung, bangunan air, bangunan sarana transportasi maupun bangunan-bangunan lainnya. Beton merupakan kostruksi yang mempunyai banyak kelebihan, antara lain kuat menahan gaya tekan, tahan terhadap perubahan cuaca, lebih tahan terhadap suhu tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan dan mudah dikerjakan dengan

cara mencampur semen, agregat, air, dan bahan tambahan lain apabila diperlukan. (Silas Kandiyufiter, Ramang, and Cornelis 2012).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton mempunyai beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut (Hasibuan 2021) :

1. Biaya yang diperluhkan relatif murah sedikit karena bahan baku umunya mudah didapat.
2. Biaya pemeliharaan rendah karena beton tahan terhadap temperatur rendah ataupun tinggi serta tahan terhadap peristiwa yang disebabkan oleh kondisi lingkungan, seperti pembusukan dan pengkaratan.
3. Kekuatannya tinggi dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan struktur yang akan dibangun, serta jika dikombinasikan dengan bahan yang juga mempunyai kekuatan yang tinggi akan menghasilkan kesatuan struktur dan dapat digunakan dalam pembuatan bangunan mutu tinggi.
4. Mudah dibentuk menggunakan cetakan sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan.

Adapun kekurangan beton menurut (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu sebagai berikut (Hasibuan 2021) :

1. Adanya perbedaan dalam proses perencanaan dan pembuatan beton didaerah-daerah tertentu disebabkan oleh perbedaan karakteristik bahan-bahan campuran beton tergantung dari lokasi pengambilan agregatnya.
2. Proses perencanaan dan pelaksanaannya bermacam-macam disesuaikan dengan kebutuhan bagunan yang akan dibangun karena beton mempunyai ketentuan kelas kekuatan.

3. Diperluhkan material lain seperti tulangan untuk mengatasi retak atau rapuhnya beton, karena beton mempunyai kuat tarik rendah.

B. Bahan Material Penyusun Beton

(Murdock dkk., 1999) menyatakan bahan material penyusun beton adalah ikatan keras yang ditimbulkan oleh reaksi kimia antara semen dan air, serta agregat kasar dimana semen yang mengeras itu ber-adhesi dengan baik maupun kurang baik. Agregat biasanya berupa kerikil, batu pecah, sisa-sisa bahan mentah tambang, agregat normal buatan, pasir, atau bahan sejenisnya lainnya.

"Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik atau semen porltland, agregat kasar, agregat halus, air dan atau 9 menggunakan bahan tambah" (Mulyono, 2004). Berikut merupakan bahan tambah penjelasan dari bahan penyusun pembuatan beton, sebagai berikut:

1. Agregat

Agregat adalah material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolik atau adukan beton SK-SNI-T-15-1991-01 (Sholeh, 2002).

Menurut Kardiyono (1997), agregat adalah butiran material mineral alami yang berfunsi sebagai pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun sebagai pengisi, agregat sangat berpengaruh terhadap sifat mortr (beton). Adapun klasifikasi agregat menurut (Magfirah et al., 2019) berdasarkan ukuran butirannya dapat digolongkan sebagai berikut :

a. Batu, ukuran butirannya yaitu lebih besar dari 40 mm.

b. Kerikil, ukuran butirannya yaitu antara 4,8 mm – 40 mm.

c. Pasir, ukuran butirannya yaitu antara 0.15 mm – 4,8 mm.

d. Debu *(silt)*, ukuran butirannya yaitu lebih kecil dari 0,15 mm.

Jenis-jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton dibedakan menjadi dua (2), yaitu sebagai berikut :

a. Agregat kasar (kerikil)

Agregat kasar (kerikil) adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar merupakan nama lain dari kerikil ataupun batu pecah, ukuran kerikil yang umum dihasilkan dari industri pemecah batu yaitu 5 mm - 40 mm (Bintoro, Limantara, and Winarto 2018). Syarat mutu agregat kasar (kerikil) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F*, yaitu sebagai berikut :

1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
    a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12%
    b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%
4) Agregat kasar tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.

5) Tidak boleh mengandung zat organic dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
    a) Sisa di atas ayakan 38 mm dan harus 0 % dari berat.
    b) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat.
    c) Selisih antara sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maksimal 60 % dan minimal 10 % dari berat.
7) Tidak boleh mengandung garam.

b. Agregat halus (pasir)

Agregat halus (pasir) adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada pembuatan beton yang berupa pasir alami atau pasir buatan yang diperoleh dari mesin pemecah batu, dengan ukuran butiran maksimal 4,8 mm (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021). Agregat halus yang layak digunakan dalam campuran beton yaitu agregat yang terbebas dari bahan-bahan yang dapat merusak campuran beton, seperti bahan organik, lempung, dan lain-lain.

Syarat mutu agregat halus (pasir) untuk campuran beton menurut *SK SNI S – 04 – 1989 – F*, yaitu sebagai berikut :

1) Butirannya tajam, kuat dan keras.
2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.

3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
   a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 12 %
   b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimal 10%
4) Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
5) Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari larutan pembanding.
6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 – 3,8. Apabila ayakan dengan susunan ayakan yang telah ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3, atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
   a) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maksimal 2 % dari berat.
   b) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maksimal 10 % dari berat.
   c) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maksimal 15 % dari berat.
7) Tidak boleh mengandung garam.

2. Semen

Semen adalah bahan perekat pada beton yang berbentuk halus dan dapat mengikat agregat kasar ataupun agregat halus setelah reaksi hidrasi terjadi karena adanya penambahan air (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesive (*adhesive*) dan kohesife (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa padat. Meskipun definisi ini dapat deterapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstrusi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hdraulis (hydraulic cements) (Chu-Kia Wang. 1993). (Amna, Wesli, and Hamzani 2014)

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI-15-2049-2004, semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak *(clinker) portland* terutama yang terdiri dari kalsium silikat (CaO.SiO2) yang bersifat hidrolis dan di giling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat (CaSO4.xH2O) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

a. Bahan baku pembuatan semen *portland*

Semen *Portland* terbentuk dari oksida-oksida utama yaitu : Kapur (CaO), Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi (Fe_2O_3). Bahan baku oksida-oksida tersebut diperoleh dari :

1) Batu kapur kalsium (CaCO3), setelah proses pembakaran terjadi akan menghasilkan kapor oksida (CaO).

2) Tanah liat yang mengandung oksida Silika (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Besi (Fe_2O_3).

3) Pasir kuarsa atau batu silica untuk menambah kekurangan SiO_2.

4) Pasir besi untuk menambah kekurangan Fe_2O_3.

b. Sifat kimia semen

Tabel 2. 1 Susunan oksida yang membentuk semen (*Sumber: Tjokrodimuljo (2007)*).

NO	OKSIDA	PERSENTASE
1	Kapur (CaO)	60 – 65 %
2	Silika (SiO_2)	17 – 25 %
3	Alumina (Al_2O_3)	3 – 8 %
4	Besi (Fe_2O_3)	0,5 - 6 %
5	Magnesia (MgO)	0,5 - 4 %
6	Sulfur (SO_3)	1 – 2 %
7	Portash / Soda ($Na_2O + K_2O$)	0,5 – 1 %

c. Jenis-jenis semen *Portland*

Menurut SK-SNI T-15-1990-03 semen portland / Ordinary Portland Cement (OPC) dibedakan menjadi (Prasetyadi 2013) :

1) Portland Cement Type I (Ordinary Portland Cement), Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang paling banyak dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dapat digunakan untuk seluruh aplikasi yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Contohnya, ketika pemilik rumah atau tukang batu yang sedang mengerjakan proyek atau merenovasi rumah tinggal akan membeli semen di toko bangunan, mereka hanya menyebut semen, tanpa menyebut jenis semen apa yang

seharusnya digunakan atau cocok dengan lingkungan pemukiman mereka berada, antara lain : bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya.

2) Portland Cement Type II (Moderate sulfat resistance), Semen portland tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau di bawah semen portland tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase. Semen portland tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.
3) Portland Cement Type III (High Early Strength Portland Cement), Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki temperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin. Kegunaan pembuatan jalan beton, landasan lapangan udara, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.
4) Portland Cement Type IV (Low Heat Of Hydration), Tipe semen dengan panas hidrasi rendah. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas

harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis. Cocok digunakan untuk daerah yang bersuhu panas.

5) Portland Cement Type V (Sulfat Resistance Cement), Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya mempunyai kandungan garam sulfat tinggi. Sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan,dan pembangkit tenaga nuklir.

3. Air

Air adalah bahan yang diperlukan dalam proses hidrasi, karena pada adukan air sangat penting untuk proses pengikatan, pengerasan dan pengeringan dalam adukan. Disamping itu air juga bersifat mengatur tingkat kekentalan adukan. Air untuk campuran pembuatan bahan konstruksi tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam dan kandungan organic lainnya. Air untuk camuran ang baik adalah air yang layak dikomsumsi oleh manusia (Alfian, 1998). (Kusuma 2018)

Air adalah bahan dasar dalam pembuatan beton dan sangat berpengaruh terhadap hasil campuran beton, karena air diperluhkan dalam proses reaksi kimia semen dan membentuk pasta semen untuk mengikat agregat. Apabila beton

kelebihan air maka akan terjadi *bleeding* (air dan semen naik ke permukaan campuran beton segar setelah dituang), (Beton et al. 2021).

Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan untuk kualitas air dalam pengadukan beton adalah :

a. Air harus bersih
b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung yang dilihat visual
c. Tidak mengandung tersuspensi lebih dari 2 gram per liter
d. Tidak boleh mengandung garam, asam, zat organik yang terlarut yang dapat merusak beton lebih dari 15 gram per liter, klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO3
e. Bila dibanding dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, penurunan kekuatan tidak lebih 10 %.
f. Air yang meragukan harus dianalisa secara kimia
a. Khusus beton pratekan, air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

Syarat-syarat air untuk adukan beton menurut ACI 318-83 :

b. Air untuk beton harus bebas dari minyak, alkali, garam, dan bahan-bahan organik
c. Air untuk beton pratekan atau yang dilekati alminium, termasuk agregat tidak boleh mengandung ion clorida. Untuk mencegah korosi, kadar klorida setelah beton berumur 28 hari dibatasi sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Batas kadar klorida pada beton umur 28 hari (Sumber: Buku Teknologi Bahan, H. Hakzah, S.T.,M.T.)

NO	Bentuk Konstruksi	Maksimum Clorida Ion Terhadap Berat Semen
1	Beton pratekan	0,06 %
2	Beton bertulang yang bergubungan dengan Cl dalam pemakaiannya	0,15 %
3	Beton bertulang di tempat yang selalu kering	1,0 %
4	Beton bertulang secara umum	0,3 %

4. Material Alternatif

Penambahan material alternatif dimaksudkan untuk memperbaiki sifat karakteristik beton, serta difungsikan sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti material dasar pada pembuatan beton. Adapun material alternatif yang digunakan pada penelitian ini yaitu Abu Tandan Kelapa Sawit (ATKS).

Abu Tandan Kelapa Sawit (ATKS) dapat diperoleh dari sisa pembakaran boiler di pabrik minyak kelapa sawit. Adapun komposisi kimia yang dikandungnya yaitu Kalium (K), Silika (SiO2), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Natrium (Na), Besi/Ferrum (Fe), Mangan (Mn), Tembaga/Carrum (Cu), CO3 dan CHO3 (Fauzi,2006). Jika unsur silika (SiO2) ditambahkan dengan campuran beton, maka unsur silika tersebut akan bereaksi dengan kapur bebas yang merupakan unsur lemah dalam beton menjadi gel CSH baru. Gel CSH yang merupakan unsur utama yang mempengaruhi kekuatan pasta semen dan kekuatan beton.

5. Kuat Tekan

Kuat tekan adalah kemampuan suatu beton dalam menerima beban gaya tekan yang diberikan persatuan luas (Bintoro, Limantara, and Winarto 2018). Kuat tekan beton adalah beban gaya tekan yang diberikan pada beton yang dihasilkan oleh alat tekan tekan beton dengan standar tertentu yang dapat menghancurkan beton.

Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen, dan air. Pembuatan beton baru dikatakan berhasil apabila beton mencapai kuat tekan yang telah ditentukan atau direncanakan dalam *mix design.* (Wimaya, Ridwan, and Winarto 2020).

Menurut SNI 1974-2011 mengenai Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut :(Beton et al. 2021) (Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A 2021).

$$Fc = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :

Fc : Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)

P : Beban yang bekerja (kg)

A : Luas penampang benda (cm^2)

6. Kuat Lentur

Berdasarkan Anonim 5 (1996). Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya sampai benda uji patah.

Nilai kuat lentur tidak langsung didapatkan setelah memberikan beban pada benda uji, melainkan harus di hitung dengan menggunakan persamaan.

$$\sigma I = \frac{P \cdot I}{b \cdot h^2} \quad \text{..... (2)}$$

Keterangan :

σ I : Kuat lentur benda uji (MPa)

P : Beban tertinggi yang dilanjutkan oleh mesin uji (Kn)

I : Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b : Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a : Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari bentang (m)

C. Kajian hasil penelitian terdahulu

Penelitian tentang penggunaan abu ampas kopi dalam pembuatan beton telah banyak dilakukan dan menggunakan cara yang berbeda-beda serta hasil yang berbeda pula. Berikut adalah penjelasan singkat tentang penelitian-penelitian tersebut :

1. Penelitian lain yang dilakukan oleh N.Natalia pada tahun 2019, dengan judul tentang Pengaruh Penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS) Terhadap Kuat Tekan Beton, dalam jurnal Jutateks. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS) terhadap kuat 0%, 1% dan 2% dari berat semen, rencana mutu beton 14,53 MPa.

Jumlah sampel sebanyak 18 buah, silinder 15cm x 30cm yang diuji pada umur 7 dan 28 hari. Dari hasil uji kuat tekan di laboratorium didapatkan pengaruh penambahan ATKKS 1% (CA) pada umur 7 dan 28 hari mengalami penurunan kuat tekan sebanyak 9,85% dan 20,23% dibandingkan dengan beton penambahan ATKKS 0% (BN). Sedangkan penambahan ATKKS 2% (CB) pada umur 7 mengalami peningkatan kuat tekan beton sebanyak 4,22% dan pada umur 28 hari terjadi penurunan 7,14% dibandingkan dengan beton penambahan ATKKS 0% (BN). (N.Natalia, 2019), dalam jurnal (Moshinsky 1959).

2. Penelitian yang dilakukan oleh Epi Prianti. dkk pada tahun 2015, dengan judul tentang Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir pada Pembuatan Beton, dalam jurnal Positron. Telah dilakukan penelitian tentang pemanfaatan abu kerak boiler hasil pembakaran limbah kelapa sawit sebagai bahan pengganti parsial pasir pada pembuatan beton. Pembuatan beton dilakukan dengan memvariasikan kandungan kerak boiler pada komposisi campuran beton 0%, 5%, 10%, 15%, 25%, 50% dan 100%. Pengujian terhadap pasir dan abu kerak boiler meliputi uji XRF, massa jenis, penyerapan air dan kadar lumpur. Pengujian komposisi kimia dari SiO2,CaO dan Al2O3 pada pasir dan abu kerak boiler menggunakan XRF. Hasil analisis menunjukkan kuat tekan optimum beton dengan komposisi yang mengandung abu kerak boiler 25% yakni 17,83 MPa. Hasil optimum dari penelitian untuk

beton yang diuji tergolong dalam standar mutu tipe beton 225 yang dapat diaplikasikan pada pengecoran bangunanbangunan seperti landasan lapangan terbang, gedung bertingkat dan pengecoran jalan. (Prianti, Malino, and Lapanporo 2015).

3. Penelitian lain yang dilakukan oleh Khairul Amna. dkk pada tahun 2014, dengan judul tentang Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton ,dalam jurnal Teras Jurnal. Pada penelitian ini serat yang digunakan adalah serat alam, yaitu serat tandan kosong kelapa sawit. Serat dibilas dengan larutan 10% NaOH selama 12 jam, dikeringkan dan dipotong-potong sepanjang 4 cm. Variasi persentase serat terhadap berat volume semen di dalam campuran adalah 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan untuk setiap variasi persentase serat tidak dapat meningkat kuat tekan beton dan penurunan terbesar pada variasi serat 10%, yaitu sebesar 20,15% dari kuat tekan normal. Sedangkan kuat lentur, peningkatan maksimum pada variasi serat 10%, yaitu 19,77% dari kuat lentur beton normal. Berdasarkan persamaan regresi linier kompoisi optimumserat yang dapat meningkat kuat lentur dengan kuat kuat tekan masih dalam batasan kuat tekan rencana, yaitu pada variasi 12% serat dengan kuat lentur 3,99 MPa (meningkat 14,33% dari kuat normal) dengan kuat tekan 20MPa. Sehingga pemanfaatan serat tandan sawit sebagai serat beton bisa dikembangkan. (Amna, Wesli, and Hamzani 2014).

4. Penelitian lain yang dilakukan oleh Nurul Aini Shandy & Rugaya pada tahun 2021, dengan judul Pengaruh Campuran Karbon Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Mutu Beton, dalam jurnal Einstein (e-jurnal). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran karbon tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap kuat tekan, daya serap air, dan struktur beton. Benda uji berupa kubu 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan mutu beton k-225. Hasil dari pengujian kuat tekan beton campuran karbon TKKS 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% secara berturut-turut sebesar 31,56 MPa, 23,8 MPa, 22,42 MPa, 18,54 MPa, 15,02 MPa, dan 12,36 MPa. Sedangkan Hasil dari pengujian kuat tekan beton campuran karbon TKKS aktif 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% secara berturut-turut sebesar 31,56 MPa, 26,7 MPa, 23,65 MPa, 20,59 MPa,19,77 MPa, dan 19,03 MPa. Kuat tekan yang didapat mengalami penurunan linier tetapi masih mencapai standar K-225, kecuali untuk campuran beton karbon TKKS 8% dan 10% yang nilainya dbawah standar beton K-225. Struktur yang dihasilkan memiliki rongga yang besar dan beton tidak homogeny sehingga mengalami penurunan kekutan tekan dan daya serap air yang tinggi. Berdasarkan uji SEM-EDX yang dilakukan diketahui bahwa kandungan yang terbesar didalam beton yaitu oksigen (O), feron (Fe), kalsium (Ca), dan silica (Si). (Hasil and Bidang 2021).
5. Penelitian lain yang dilakukan oleh Fauzi Rahman & Fathurrahman pada tahun 2017, dengan judul tentang Pemanfaatan Hasil Pembakaran

Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Pembuatan Beton Normal, dalam jurnal Media Ilmiah Teknik Sipil. Pada penelitian ini mutu campuran beton yang direncanakan pada umur 28 hari adalah sebesar 23 MPa. Pengujian beton meliputi uji kuat tekan yang dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 28 hari, 42 hari, dan 56 hari. Sebelum pembuatan sampel beton, dilakukan pengujian kuat tekan mortar terlebih dahulu dengan memvariasikan kandungan abu kerak boiler sebesar 0%, 15%, 25%, 35%, dan 50% agar diperoleh campuran optimum. Berdasarkan hasil analisa kuat tekan mortar diperoleh campuran optimum sebesar 15% untuk pembuatan beton yang akan dibandingkan dengan beton normal. Kuat tekan beton dengan campuran optimum pada umur 28 hari adalah sebesar 24,44 Mpa melebihi dari kuat tekan rencana 23 Mpa. Beton yang memiliki nilai kuat tekan paling tinggi terjadi pada umur 56 hari adalah beton dengan campuran normal yang kuat tekannya sebesar 34,44 MPa lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton dengan campuran optimum 15% abu kerak boiler yaitu sebesar 28,51 MPa. (Rahman and Fathurrahman 2017).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan data melalui beberapa pengujian kemudian mendapatkan hasil kesimpulan dalam bentuk angka. Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada beton. Dari hasil penelitian terhadap pengujian beton diharapkan dapat mengetahui pengaruh terhadap penambahan abu tandan kelapa sawit (ATKS) terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

B. Lokasi dan Waktu

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2 (tiga) bulan yaitu dimulai pada Mei 2024 sampai dengan tanggal Juni 2024.

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	KEGIATAN	BULAN									
		MEI						JUNI			
1	Persiapan alat dan bahan										
2	Pembuatan abu tandan kelapa sawit										
3	Pemeriksaan material										
4	Perencanaan mix desain										
5	Pembuatan beton segar										
6	Pembuatan benda uji										
7	Perawatan										
8	Pengujian kuat tekan dan kuat lentur										
9	Analisa dan hasil										

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat penelitian

a. Saringan

Ayakan saringan yang digunakan untuk memisahkan agregat sesuai ukuran ayakan untuk pengujian analisa lolos saringan dan digunakan dalam menentukan gradasi agregat.

Gambar 3. 1 Ayakan Saringan

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

b. Timbangan

Timbangan Dengan kapasitas 20 kg yang digunakan untuk menimbang berat benda uji yang digunakan sebagai penelitian. Selain itu untuk menakar kebutuhan material yang digunakan dalam pembuatan benda uji.

Gambar 3. 2 Timbangan

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

c. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan dalam pembuatan beton.

Gambar 3. 3 Gelas Ukur

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

d. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari Bj agregat halus.

Gambar 3. 4 Piknometer

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

e. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.

Gambar 3. 5 Jangka Sorong

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

f. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian kadar air, Bj dan gradasi agregat.

Gambar 3. 6 Oven

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

g. Mesin aduk beton

Mesin aduk beton digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton.

Gambar 3. 7 Mesin Pencampur

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

h. Kerucut abrams.

Kerucut abrams digunakan untuk mengukur kelecakan adukan beton (nilai slump).

Gambar 3. 8 Kerucut Abram

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

i. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur nilai slump.

Gambar 3. 9 Penggaris

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

j. Cetakan silinder

Cetakan beton yang digunakan adalah bentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.

Gambar 3. 10 Cetakan Silinder

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

k. Mesin uji tekan

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas benda uji beton.

Gambar 3. 11 Mesin Uji Tekan

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

l. Cetakan balok

Cetakan beton yang digunkan dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.

Gambar 3. 12 Cetakan Balok

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

m. Mesin uji kuat lentur

Mesin uji kuat lentur digunakan untuk menguji kuat lentur beton.

Gambar 3. 13 Mesin Uji Tekan

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

2. Bahan penelitian

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Tonasa (50 kg) atau Semen Tipe I.

b. Agregat kasar

Agregat kasar (batu pecah) berasal dari CV. UD AKBAR Parepare.

c. Agregat halus

Agregat kasar (pasir) berasal dari CV. UD AKBAR Parepare.

d. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Parepare.

e. Abu tandan kelapa sawit

Abu tandan sawit yang digunakan yaitu tandan kosong kelapa sawit dibakar hingga menjadi abu yang diambil di pabrik kelapa sawit Luwu Utara.

D. Prosedur dan Rancangan Penelitian

1. Tahapan pemeriksaan

Persiapan serta pemeriksaan bahan yang akan digunakan untuk campuran beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare. Proses pemeriksaan bahan tersebut meliputi :

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, yaitu sebagai berikut :

1) Agregat di timbang dengan berat yang telah ditentukan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 5000 gram).
2) Agregat kemudian di rendam selama $\pm$ 24 jam.
3) Setelah direndam selama $\pm$ 24 jam, agregat kemudian dikeringkan hingga mencapai keadaan kering permukaan. Untuk mengetahui apakah kondisi sudah tercapai pada pasir dilakukan dengan cara pasir dimasukkan kedalam kerucut yang diletakkan ditempat rata, kemudian dimasukkan 1/3 bagian, kemudian padatkan dengan cara ditumbuk sebanyak 8 kali begitu pula dengan lapisan ke 2 (dua), dan untuk lapisan ke 3 (tiga) ditumbuk sebanyak 7 kali.
4) Untuk pasir (pasir dengan kondisi kering permukaan tadi dimasukkan kedalam piknometer sebanyak 500 gram dan ditambahkan air sampai 90 % penuh, kemudian dikocok selama $\pm$ 5 menit). Kemuidan untuk

kerikil (kerikil dengan kondisi kering permukaan tadi seberat 5000 gram ditimbang di udara, kemudian ditimbang di dalam air).

5) Agregat dikeluarkan dari wadah kemudian di oven selama ± 24 jam
6) Agregat di keluarkan dari oven kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

b. Pemeriksaan kadar organik agregat halus

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar organik agregat halus, yaitu sebagai berikut :

1) Pasir dimasukkan kedalam botol bening sebanyak 1/3 bagian kemudian ditambahkan juga NaOH sebanyak 1/3 bagian, kemudian botol dikocok selama ± 10 menit,
2) Setelah itu botol di diamkan selama 24 jam, kemudian diamati peubahan warna yang terjadi dan dibandingkan dengan menggunakan standar warna kandungan organik.

c. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Langkah-langkah untuk pemeriksaan keausan agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

1) Kerikil ditimbang seberat 5000 gram, kemudian dicuci dan dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 110℃.
2) Masukkan kerikil kedalam mesin *Los Angeles Abrassion Machine* beserta bola baja kemudian tekan tombol start.
3) Keluarkan agregat dari dalam mesin, kemudian saring menggunakan saringan No. 12.

d. Pemeriksaan kadar air agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar air agregat, yaitu sebagai berikut :

1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram).
2) Kemudian agregat di oven selama 24 jam dengan suhu tetap 100℃.
3) Setelah di oven agregat ditimbang untuk mendapatkan berat kering.

e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat

Langkah-langkah untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat, yaitu sebagai berikut :

1) Timbang agregat menggunakan timbangan dengan (pasir seberat 500 gram dan kerikil seberat 1000 gram), kemudian oven selama 24 jam.
2) Agregat kemudian dicuci diatas saringan No. 200 sampai lumpurnya hilang.
3) Setelah dicuci agregat kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu 100℃, kemudian di timbang lagi untuk mendapatkan berat kering.

2. Tahapan pembuatan benda uji

a. Pemeriksaan material campuran beton

1) Timbang material campuran beton, yaitu semen, agregat (halus dan kasar), dan air sesuai dengan berat yang telah ditentukan dalam rancangan campuran beton.

2) Mempersiapkan peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam pencampuran beton.

b. Pencampuran beton

1) Masukkan air kedalam mesin sebanyak 80 % dari yang telah ditentukan kemudian masukkan juga agregat dan semen.

2) Masukkan sedikit demi sedikit sisa air yang tadi kedalam mesin yang berputar dengan tidak kurang dari 3 menit sampai airnya habis.

3) Setiap variasi percobaan dilakukan pengadukan sebanyak 1 (satu) kali dan setiap pengadukan dilakukan pengujian nilai slump.

c. Pemeriksaan nilai slump

1) Masukkan campuran beton segar kedalam kerucut abrams sebanyak 1/3 bagian dengan 3 lapisan, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali.

2) Setelah lapisan terakhir selesai ditusuk, tunggu selama 30 detik kemudian angkat kerucut ke atas, nilai slump yaitu selisih tinggi antara kerucut abrams dengan permukaan atas beton setelah ditarik.

3) Setiap pencampuran beton dilakukan sebanyak 2 kali uji nilai slump kemudian dirata-ratakan hasilnya.

d. Pembuatan benda uji

1) Campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dan balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm., yang sebelumnya telah diberi minyak pelumas pada bagian dalam.

2) Cetakan diisi dengan campuran beton segar sebanyak 3 (tiga) lapis, setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali secara merata dan cetakan penuh
3) Kemudian bagian atas permukaan campuran beton diratakan hingga rata dengan bagian atas cetakan dengan menggunakan tongkat perata.

3. Tahapan perawatan beton

Setelah 24 jam beton dibuka dari cetakan, kemudian diberi tanda untuk selanjutnya dilakukan perendaman didalam bak air selama periode waktu yang telah ditentukan.

4. Tahapan pengujian

a. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tekan pada beton dengan umur beton rencana yaitu 7, 14, dan 28 hari.

Pada pengujian kuat tekan beton, langkah-langkah yang dilakukan akan adalah sebagai berikut :

1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
2) Benda uji diletakkan pada *Universal Testing Machine.*
3) Mesin *Universal Testing Machine* dihidupkan kemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tekan pada benda uji

4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

b. Kuat lentur beton

Pengujian kuat lentur pada beton bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat tarik belah pada beton dengan umur beton rencana yaitu 28 hari.

Pada pengujian kuat lentur beton, langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1) Benda uji terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui berat benda uji sebelum pengujian dilakukan.
2) Benda uji diletakkan secara horizontal di atas pelat mesin *Universal Testing Machine.*
3) Mesin *Universal Testing Machine* dihidupkan kemudian benda uji akan mendapatkan beban gaya untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan tarik pada benda uji
4) Pada saat benda uji mencapai beban maksimum benda uji akan retak atau bahkan pecah, jarum manometer akan berhenti.

Jumlah sampel untuk semua variasi campuran beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 48 buah. Setiap variasi campuran akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Dan Variasi Campuran Beton

NO	Variasi Campuran Beton	Umur Hari (Buah)			Kuat Lentur	Total (Buah)
		7	14	28		
1	ATKS 0 %	3	3	3	3	12
2	ATKS 1 %	3	3	3	3	12
3	ATKS 2 %	3	3	3	3	12
4	ATKS 2,5 %	3	3	3	3	12
Total						48 Buah

Keterangan : ATKS = Abu Tandan Kelapa Sawit

E. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan menggunakan penelitian kuantitatif dengan melakukan beberapa pengujian terhadap benda uji di laboratorium. Teknik pengumpulan data terdiri atas 2 (dua) yaitu sebagai berikut :

1. Data primer

Data primer diperoleh dari beberapa hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut :

a. Analisa saringan agregat.
b. Berat jenis dan penyerapan.
c. Pemeriksaan keausan (agregat kasar) dan pemeriksaan kadar organik (agregat halus).
d. Pemeriksaan berat volume agregat.
e. Pemeriksaan kadar air agregat.
f. Pemeriksaan kadar lumpur agregat

g. Perbandingan dalam campuran beton *(Mix design).*

h. Kekentalan adukan beton segar *(Slump test).*

i. Uji kuat tekan beton.

j. Uji kuat tarik belah beton.

2. Data sekunder

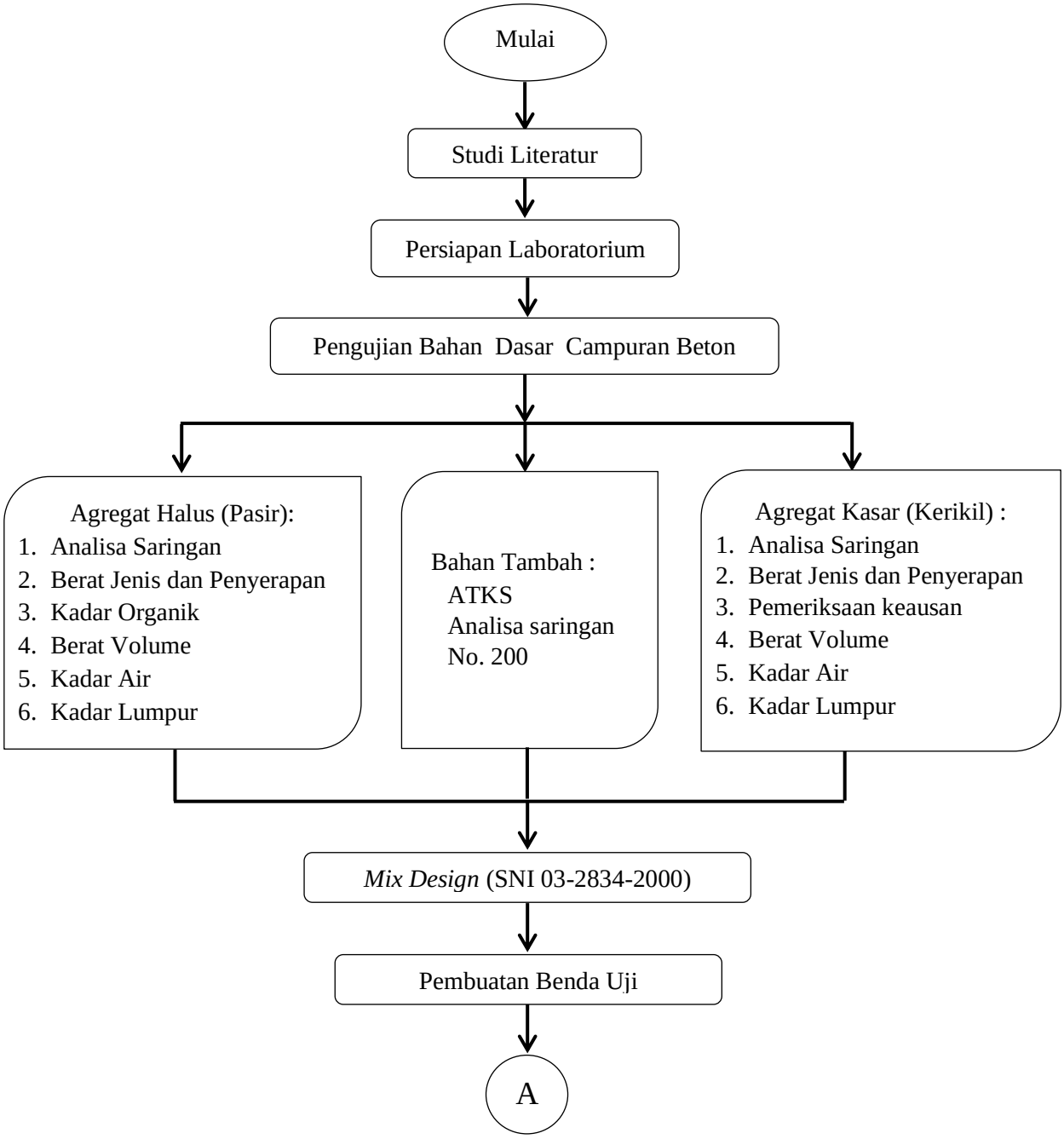
Data sekunder diperoleh dari bebagai referensi yang memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan, baik itu dari Standar Nasional Indonesia, buku-buku atau penelitian terdahulu yang dapat menunjang penelitian yang dilakukan, ataupun informasi dari dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Parepare.

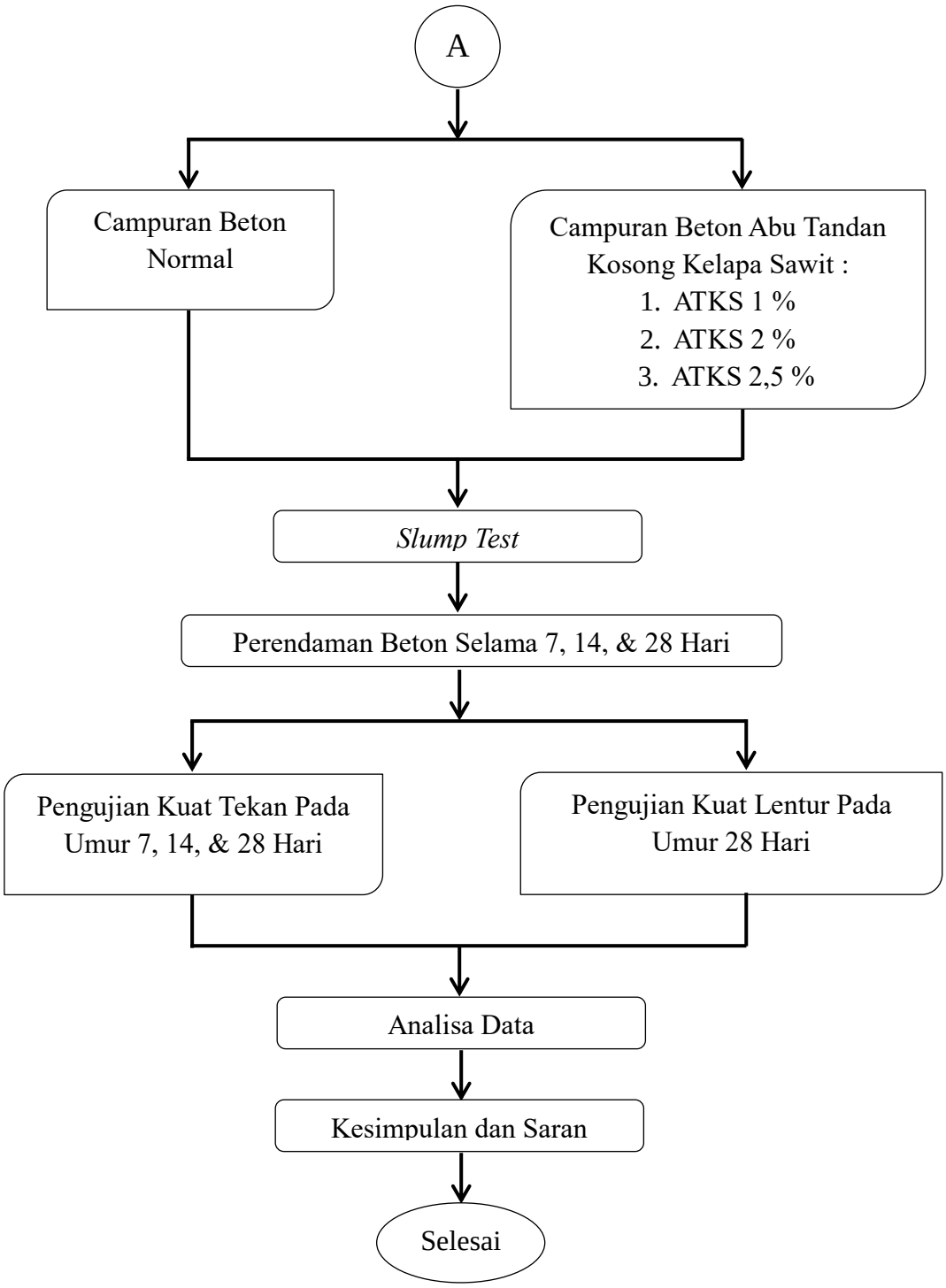
F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu data yang dihasilkan dari pengujian dan penelitian akan dikumpulkan kemudian dilakukan analisa data sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Data yang diperoleh dari analisis data selanjutnya dibuat grafik atau kurva yang dapat mempermudah dalam menarik kesimpulan. Secara garis besar analisis data yang akan dilakukan yaitu :

1. Analisis data pengujian agregat yang digunakan dalam campuran beton.
2. Analisis data perancangan campuran beton *(Mix Design).*
3. Analisis data uji kuat tekan dan kuat lentur pada beton.

G. Diagram Alir





Gambar 3. 14 Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat berdasarkan pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dilakukan terhadap agregat kasar, agregat halus dan agregat. Hasil pengujian agregat ditunjukkan pada rekapitulasi dari percobaan-percobaan yang dilakukan di Laboratorium, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Tabel 4. 1 Rekapitulasi pengujian agregat halus

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 5%	3,0%	3,6%	3,30%	Memenuhi
2	Kadar organik	< No. 3	No. 1	No. 1	1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	1,01%	5,04%	3,03%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,4 - 1,9 kg/liter	1,70	1,89	1,79	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,4 - 1,9 kg/liter	1,88	1,81	1,84	Memenuhi
5	Absorpsi	0,2% - 2%	3%	0,40%	1,75%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,69	2,58	2,64	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,49	2,55	2,52	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,56	2,56	2,56	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1,50 - 3,80	3,94	3,03	3,49	Memenuhi

Dari pengujian agregat halus diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar lumpur agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat halus diatas yaitu 3,30%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 5% yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Kadar organik agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar organik agregat halus diatas sampel menunjukkan warna kekeruhan di angka No.1 pada standar warna yang menunjukkan bahwa material agregat halus tersebut memiliki tingkat kadar organik terbilang rendah sehingga dapat digunakan dalam campuran beton tanpa perlu dicuci terlebih dahulu.

c. Kadar air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar air agregat halus di atas yaitu 3,03%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 2,00%-5,00% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

d. Berat volume agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat volume agregat halus kondisi lepas diatas yaitu 1,79 sedangkan pengujian berat volume agregat halus kondisi padat yaitu 1,84, dari ke 2 (dua) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,4-1,9 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

e. Penyerapan air agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian penyerapan air agregat halus di atas yaitu 1,75%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval dari 0,2%-2% yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

f. Berat jenis agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian berat jenis nyata diatas yaitu 2,64, berat jenis kering yaitu 2,52, dan berat jenis kering permukaan yaitu 2,56, dari ke 3 (tiga) hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,6-3,3 kg/liter yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

g. Modulus kehalusan agregat

Hasil yang didapatkan dari pengujian modulus kehalusan agregat halus diatas yaitu 3,49, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu berada diantara interval 1,50-3,80 yang menandakan bahwa material agregat halus (pasir) tersebut dapat digunakan untuk campuran beton.

2. Agregat kasar

Tabel 4. 2 Rekapitulasi pengujian agregat kasar

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL	HASIL PENGAMATAN		NILAI RATA-RATA	KETERANGAN
			I	II		
1	Kadar lumpur	Maks 1%	0,9%	0,20 %	0,55%	Memenuhi
2	Keausan	Maks 50%	19,8 %	13,0 %	16,4%	Memenuhi
3	Kadar air	0,5% - 2%	1,63 %	2,25 %	1,94%	Memenuhi
4	Berat volume					
	a. Kondisi lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,89	1,89	1,89	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,87	1,86	1,86	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 4 %	1,11 %	1,11 %	1,11%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik					
	a. Bj. nyata	1,6 - 3,3	2,61	2,61	2,61	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6 - 3,3	2,54	2,54	2,54	Memenuhi
	c. Bj. kering permukaan	1,6 - 3,3	2,56	2,56	2,56	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	6,0 - 8,0	7,02	7,14	7,08	Memenuhi

Dari pengujian agregat kasar diatas didapatkan hasil sebagai berikut.

a. Kadar Lumpur

Hasil yang didapatkan dari pengujian kadar lumpur agregat kasar diatas didapatkan hasil 0,55%, hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi yaitu lebih kecil dari 1% yang menunjukkan bahwa material agregat kasar tersebut dapat digunakan untuk campuran beton tanpa melalui proses pencucian terlebih dahulu.

b. Keausan Agregat

Dari pengujian tingkat keausan agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeless* diatas didapatkan hasil 16,4% yang nilainya lebih kecil dari 50% sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

c. Kadar Air

Dari pengujian kadar air diatas didapatkan hasil 1,94% yang nilainya lebih kecil dari 2 % sehingga agregat kasar dapat digunakan pada campuran beton.

d. Berat Volume

Dari pengujian berat volume rongga agregat kasar didapatkan hasil 1,89 sedangkan pada pengujian berat volume padat didapatkan hasil 1,86 yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6 – 1,9 kg/liter sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

e. Penyerapan Air

Dari pengujian penyerapan air agregat kasar diatas didapatkan hasil 1,1% yang nilainya masih dalam interval maksimum 4 % sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

f. Berat Jenis

Dari pengujian berat jenis nyata didapatkan hasil 2,61. Berat jenis kering didapatkan nilai sebesar 2,54. Dan untuk berat jenis kering permukaan didapatkan hasil pengujian sebesar 2,56, yang keseluruhan nilainya masih dalam interval 1,6–3,3 sehingga agregat kasar dapat dijadikan bahan campuran beton.

g. Modulus Kehalusan

Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat kasar SNI, interval untuk modulus kehalusan yaitu berada antara 6,0-8,0. Sedangkan hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu 7,08 adalah sesuai dengan spesifikasi. Jadi agregat tersebut dapat digunakan dalam campuran beton.

B. Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Perhitungan

1. Deviasi Standart

   Fc' = 25 Mpa

2. Deviasi Standart

Tabel 4.3 Tabel nilai deviasi (kg/cm^2) untuk berbagai volume pekerjaan dan mutu pelaksanaan di lapangan (Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendaili	8,4

Digunakan mutu pengendalian dengan tingkat jelek dikarenakan peneliti sebelumnya tidak pernah melakukan penelitian atau tidak ada pengalaman sama sekali.

3. Nilai tambah (margin)

M = 1,64 x SR

= 1,64 x 7

= 11,48 Mpa ≅ 12 Mpa

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

$$fc\ target = f'c + m$$

$$= 25 + 12$$

$$= 37 \quad \text{Mpa}$$

5. Jenis Semen

Semen Portland Tipe 1

Tabel 2
Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan
Faktor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

6. Jenis Agregat

Ageregat Halus = Alami

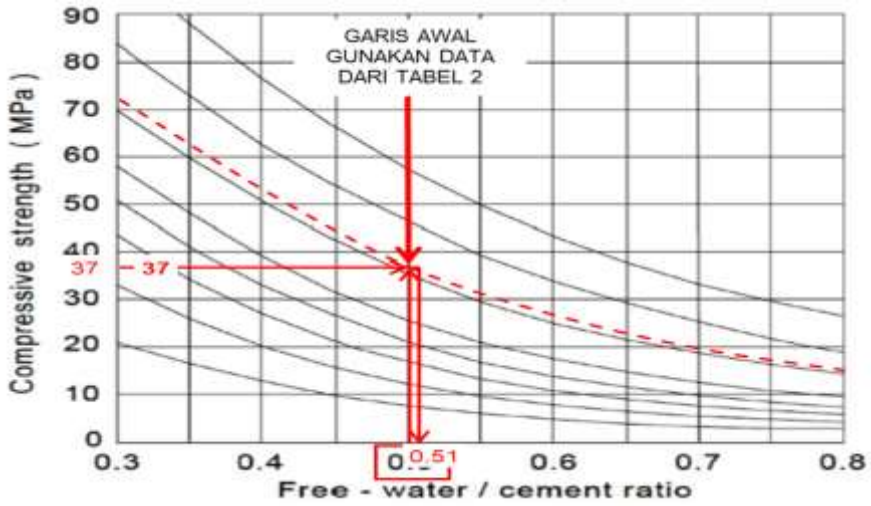
Agregat Kasar = Batu Pecah

7. Faktor Air Semen Bebas

= 0,51 Mpa

Tabel 4.4 Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) dengan faktor air semen, dan agregat kasar (Seumber : SNI 03-02-2834)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				
		Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Uji
Semen Portland Tipe 1	Batu tidak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulvat	Batu tidak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
Tipe II,V	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portlan Tipe III	Batu tidak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 4. 1 Grafik perkiraan faktor air semen (Sumber: SNI 03-2834:2000).

f'c rencana = 25 Mpa

f'c target = 31 Mpa

fas pakai = 0,51

8. Faktor Air Semen Maksimum

= 0,60

Tabel 4. 5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan:		
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

9. Slump

Biasanya untuk pengecoran di dalam indor slump yang mudah dikerjakan adala 10 ± 2, atau setara dengan 8 cm – 12 cm, yang dimana didalam grafik slump pada SNI dikategorikan pada wilayah : = 60 – 180

10. Ukuran Agregat Maksimum

= 20 mm

Tabel 4. 6 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (Sumber: SNI 03-2834:2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

11. Kadar Air Bebas

    Wh = 195

    Wk = 225

    Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus, sedangkan wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

    W = $\frac{2}{3}$ x Wh + $\frac{1}{3}$ x Wk

    W = $\frac{2}{3}$ x 195 + $\frac{1}{3}$ x 225

    W = 205,00 kg/m^3

12. Kadar Semen

    Jika FAS max lebih besar dari FAS bebas maka digunakan :

    C = W / FAS Max

    Jika FAS Max lebih kecil dari FAS bebas maka digunakan :

    C = W / FAS Bebas

    Karena FAS max yang diperoleh lebih besar dari FAS bebas, maka :

    C = W / FAS Max

    C = 401,50 Kg/m^3

13. Kadar Semen Minimum

    = 325 Kg/m^3

14. Faktor Air Semen Yang di Sesuaikan

    = 401,50 Kg/m^3

15. Susunan Besar Butir Agregat Halus

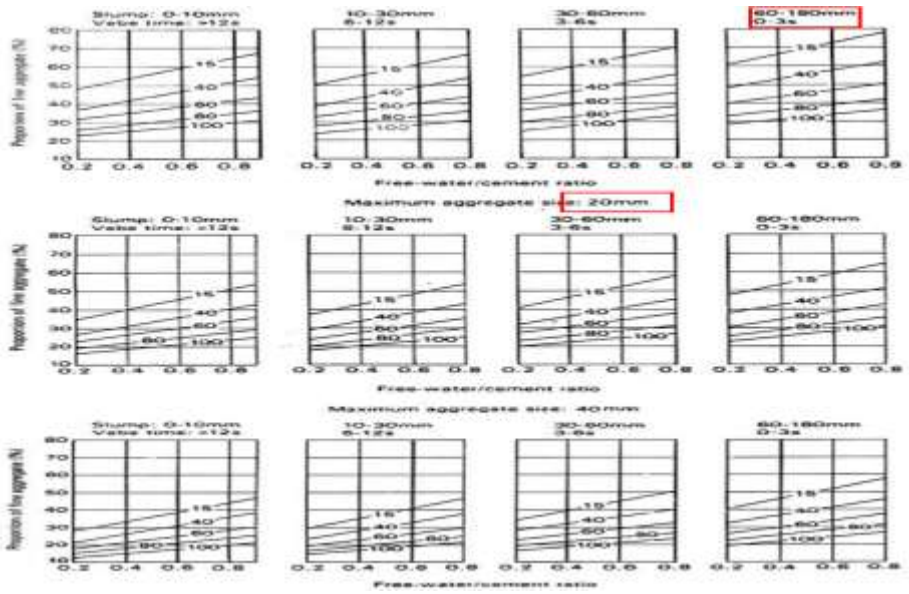
    Jenis pasir = Sedang

16. Berat Jenis Agregat

    Berat Jenis Agregat Halus = 2,61

Berat Jenis Agregat Kasar = 2,64

17. Persen Agregat Halus



Gambar 4. 2 Perkiraan Persen Agregat (Sumber: SNI 03-2834:2000).

Persen Agregat Halus = 59 % + 25 % / 2

= 41 %

Persen Agregat Kasar = 100 % - Persen Agregat Halus

= 100 % - 41 %

= 59 %

18. Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan

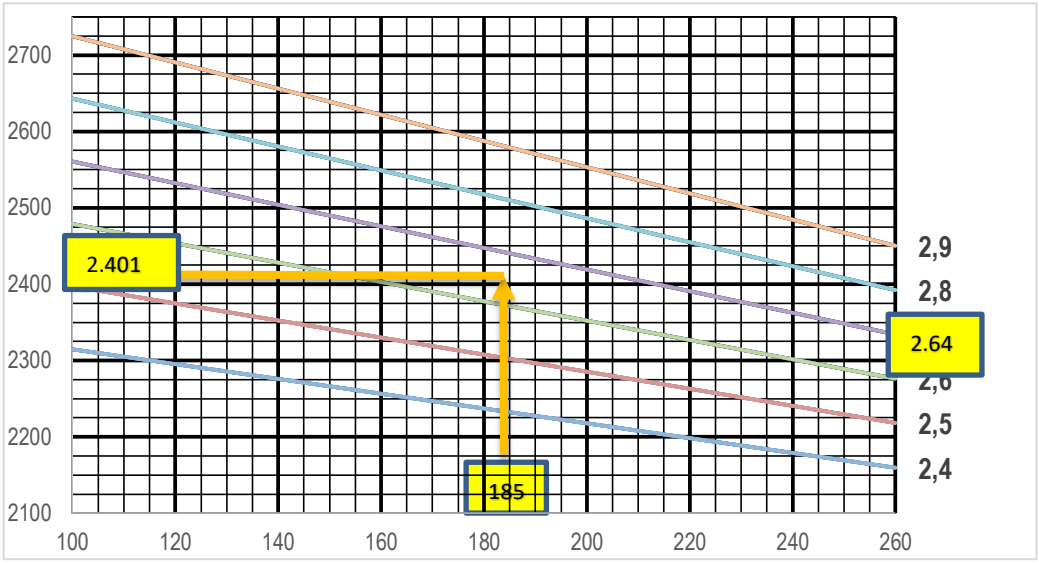
Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan persamaan

Bj Ag.Gab = (Persesn Ag.Halus x Bj.Ag.Halus) + (Persen Ag.Kasar x Bj.Ag.Kasar)

= 261%

= 2,61

19. Berat Isi Beton



Gambar 4. 3 Grafik perkiraan berat isi beton (Sumber: SNI 03-2834:2000).

Berat isi beton = 2.401 kg/m^3

20. Kadar Agregat Gabungan

Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan :

Kadar Ag.gab = Berat isi beton – Kadar semen + Kadari air bebas

=2,401 – (401,5 + 205)

Kadar Ag.gab = 1794,50 kg/m^3

21. Kadar Agregat Halus

Kadar Ag.halus = Persen agregat halus x Kadar Ag.gabungan

= 32% x 1794,50

= 574,24kg/m^3

22. Kadar Agregat Kasar

Kadar Ag.Kasar = Kadar agregat gabungan – Kadar agregat halus

= 1220,26 kg/m^3

23. Koreksi Terhadap Kadar Air

Pengujian kadar air terhadap material dilakukan sebelum hendak melakukan proses pencampuran untuk pengujian kadar air bisa dilihat pada SNI 03-1971-19990

Misal, kadar air yang didapat

Ag.Kasar = 1,94%

Ag.Halus = 3,44%

Sehingga berat massa penyesuaian berdasarkan kadar air adalah

Ag.Kasar (Basah) = 1,94 % x 1085 = 21,042 kg

Ag.Halus (Basah) = 3,44 % x 753,717 = 25,928 kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, maka :

Air yang diberikan Ag.kasar = 3,04% x 1084,62 = 32,972 kg

Air ang diberikan Ag.halus = 1,45% x 735,717 = 10,929 kg

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

205,0 – 46,969 + 43,901 = 201,932 kg

Maka perkiraan 1 m^3 beton adalah sebagi berikut

Air (yang ditambahkan) = 205,00 kg

Semen = 401,50 kg

Ag.Kasar = 1220 kg

Ag.Halus = 574,24 kg

24. Kebutuhan campuran bahan untuk 1 m^3 beton

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk 1 m^3 Beton (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	kebutuhan 12 selinder
W semen	445,65 kg	2,72 kg	32,60 kg
W pasir	551,04 kg	3,36 kg	40,31 kg
W kerikil	1185,1 kg	7,23 kg	86,70 kg
W air	219,19 kg	1,34 kg	16,04 kg

25. Kebutuhan Bahan Pembuatan Benda Uji Silinder Beton :

Dibutuhkan beton berbentuk silinder = 12 silinder beton

Diameter (d) = 0.15 m

Tinggi (h) = 0.3 m

Volume 1 silinder $= \frac{1}{4}\pi d^2 h$

$= \frac{1}{4} 3{,}14 \times 0{,}15^2 \times 0{,}30$

$= 0.0053014 \quad m^3$

Volume total silinder = Vo1ume 1 silinder × Jumlah beton silinder

$= 0{,}0053014\ m^3 \times 12$

$= 0{,}06361725\ m^3$

Agar tidak terjadi kekurangan bahan maka diperlukan penambahan volume silinder sebesar 15 %

Volume tambahan = vol. 12 silinder x 15%

$=0{,}06361725\ m^3$ x 15%

$= 0{,}00954259\ m^3$

Vol. total = Vol. total silinder + Vol. Tambahan

$= 0{,}06361725\ m^3 + 0{,}00954259\ m^3$

$= 0{,}07315984\ m^3$

26. Kebutuhan variasi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit 1%.

b. Untuk variasi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit 1%

Vol. Semen	=	V. semen	x	1%
	=	0,144	x	1%
	=	0,001		
volume ATKS 1%	=	V. semen	x	V.ATKS
	=	0,144 m3	x	0,001
	=	0,0002 m3		
Berat ATKS	=	V. ATKS	x	BJ. ATKS
	=	0,001 m3	x	1.450,0
	=	2,088 kg		
Berat semen	=	V. semen	x	Bj.semen
	=	0,001 m3	x	3,08
	=	0,004 m3		

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi 1% ATKS (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder
W semen	445,65 kg	2,72 kg	32,60 kg
W pasir	551,04 kg	3,36 kg	40,31 kg
W kerikil	1185,12 kg	7,23 kg	86,70 kg
W ATKS 1%	2,09 kg	0,01 kg	0,15 kg
W air	219,19 kg	1,34 kg	16,04 kg

c. Untuk variasi ATKS 2%

Vol. Semen	=	V. semen	x	2%
	=	0,144	x	2%
	=	0,003		
volume ATKS 2%	=	V. semen	x	V.ATKS
	=	0,144 m3	x	0,003
	=	0,0004m3		

Berat ATKS	=	V. ATKS	x	BJ. ATKS
	=	0,003 m3	x	1.450,0
	=	4,176 kg		
Berat semen	=	V. semen	x	Bj.semen
	=	0,003 m3	x	3,08
	=	0,009 m3		

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi ATKS 2% (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder	
W semen	445,65 kg	2,72 kg	32,60	kg
W pasir	551,04 kg	3,36 kg	40,31	kg
W kerikil	1185,12 kg	7,23 kg	86,70	kg
W ATKS 2%	4,18 kg	0,03 kg	0,31	kg
W air	219,19 kg	1,34 kg	16,04	kg

d. Untuk variasi ATKS 2.5%

Vol. Semen	=	V. semen	x	2,5%
	=	0,144	x	2,5%
	=	0,004		
volume ATKS 2,5%	=	V. semen	x	V.ATKS
	=	0,144 m3	x	0,004
	=	0,0005 m3		
Berat ATKS	=	V. ATKS	x	BJ. ATKS
	=	0,004 m3	x	1.450,0
	=	5,220 kg		
Berat semen	=	V. semen	x	Bj.semen
	=	0,004 m3	x	3,08
	=	0,011 m3		

Tabel 4.10 Rekapitulasi Kebutuhan Campuran Bahan Untuk Variasi ATKS 2,5% (Sumber : Hasil olah data)

	kebutuhan persatu kubik beton	kebutuhan persatu selinder beton	Kebutuhan 12 Silinder	
W semen	445,65 kg	2,72 kg	32,60	kg
W pasir	551,04 kg	3,36 kg	40,31	kg
W kerikil	1185,12 kg	7,23 kg	86,70	kg
W ATKS 2,5%	5,22 kg	0,03 kg	0,38	kg
W air	219,19 kg	1,34 kg	16,04	kg

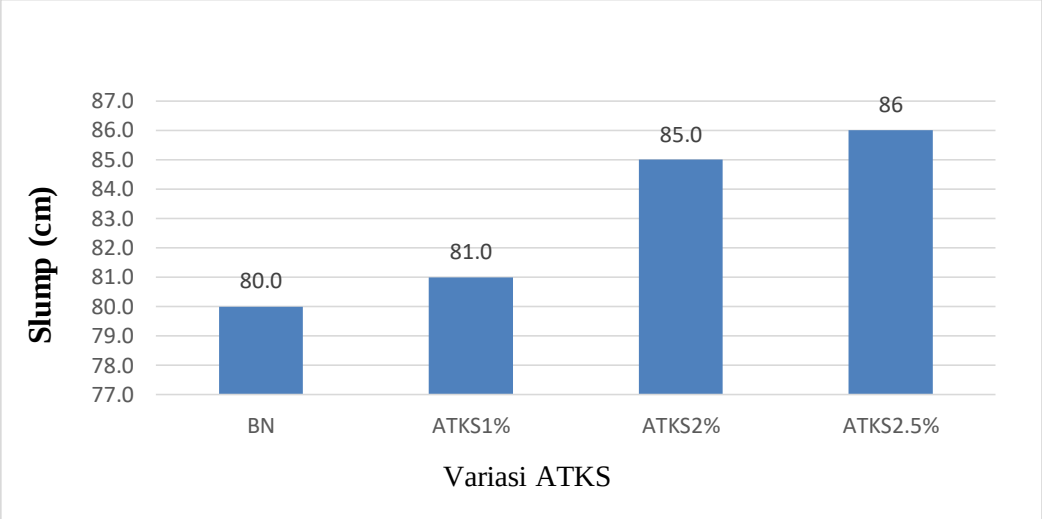
C. Nilai Slump

Pengujian nilai Slump test dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams, dengan membasahi kerucut abrams terlebih dahulu kemudian menempatkannya ditempat yang rata. Kemudian diisi dengan beton segar sebanyak 3 lapis, setiap lapisan diisi 1/3 dari volume kerucut abrams dan ditusuk sebanyak 25 kali dan penusukan dilakukan hingga mencapai bagian bawah dari setiap lapisan setelah pengisian kerucut selesai bagian atasnya diratakan. Dalam waktu sekitar 30 detik kerucut diangkat lurus vertikal secara perlahan, kemudian tentukan nilai slump dengan cara mengukur tinggi campuran selisih dengan tinggi kerucut.

Tabel 4. 11 Hasil pengujian nilai *Slump test* (Sumber: Hasil olah laboratorium 2024)

NO	Variasi Campuran beton	Waktu campur (menit)	*Slump* rencana (mm)	*Slump* rata-rata lapangan (mm)
1	Beton normal	± 10	75 – 100	80,0
2	ATKS 1%			81,7
3	ATKS 2%			85,0
4	ATKS 2,5%			86,7

Berdasarkan tabel 4.11 diatas memberikan penjelasan tentang perbandingan nilai *Slump test* antara masing-masing variasi. Dimana pada keempat variasi beton yang didapatkan nilai *Slump test* yang memenuhi *slump* rencana.



Gambar 4. 4 Perbandingan nilai *slump* pada setiap variasi

Dari gambar 4.1 tampak bahwa untuk kondisi penambahan abu tandan kelapa sawit pada beton menyebabkan peningkatan *workability*, hal ini dikarenakan abu tandan kelapa sawit memiliki tekstur permukaan yang beraturan dan tidak berongga sehingga pada saat dilakukan pencampuran, rongga pada abu tandan kelapa sawit saling mengisi atau saling mengikat sehingga nilai *slump* atau workabiliy campuran beton meningkat.

D. Kuat Tekan

Setelah melakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji tersebut. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan sebanyak 12 sampel yang terdiri dari 4 variasi campuran yaitu beton normal, ATKS 1%, ATKS 2%, ATKS 2,5%. Untuk masing-masing variasi campuran dibuat 3 sampel untuk kuat tekan silinder dengan ukuran benda uji 150 x 300 mm. Sebelum melakukan uji kuat tekan beton maka terlebih dahulu melakukan penimbangan benda uji untuk setiap variasi yang akan dijadikan sampel uji. Adapun hasil dari pengujian

kuat tekan yang terdiri dari beton normal, ATKS 1%, ATKS 2%, dan ATKS 2,5% dengan 7 hari perawatan yaitu sebagai berikut :

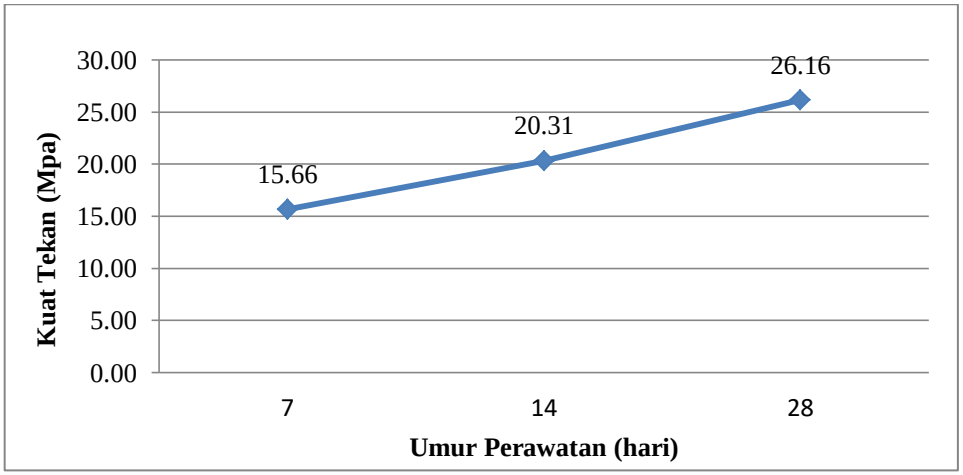
1. Beton normal

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan pada beton normal yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Rekap hasil kuat tekan beton normal

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12.208	309	15.66
2	14 Hari	12.392	358	20.31
3	28 Hari	12.413	462	26.16

Pada pengujian sampel uji dengan beton normal dengan silinder ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan dengan sebesar 15,66 MPa untuk umur 7 hari, 20,31 MPa untuk umur 14 hari, dan 26,16 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang di rencanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 4,65 Mpa

sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 5,85 Mpa.

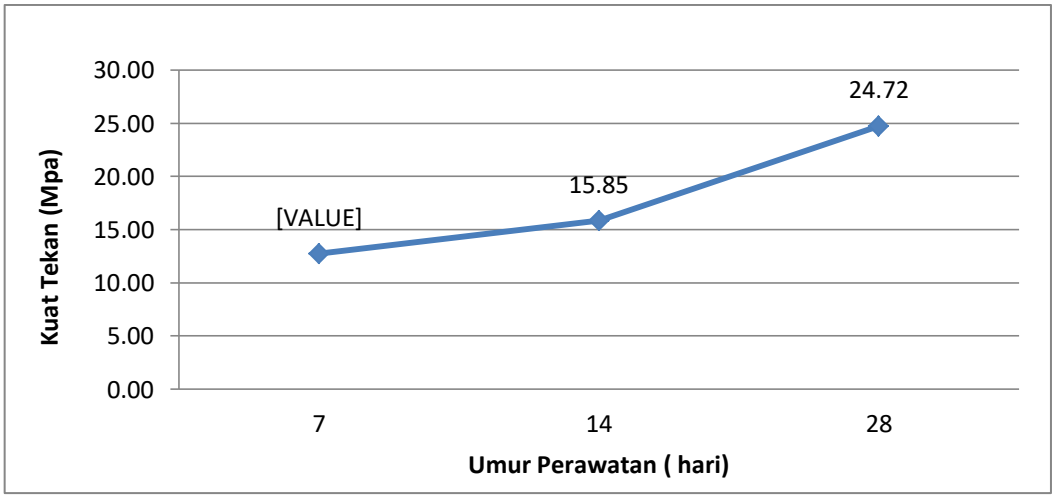
2. Abu Tanda Kelapa Sawait 1%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan pada beton ATKS 1% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Rekap hasil kuat tekan beton variasi Abu Tandan Kelapa Sawit 1%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,827	225,00	12,74
2	14 Hari	11,796	280,00	15,85
3	28 Hari	11,892	436,67	24,72

Pada pengujian sampel uji dengan ATKS 1% dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan sebesar 12,74 MPa untuk umur 7 hari, 15,85 MPa untuk umur 14 hari, dan 24,72 MPa untuk umur 28 hari, tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Grafik pengujian kuat tekan abu tandan kelapa sawit 1%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton normal mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 3,11 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 8,87 Mpa.

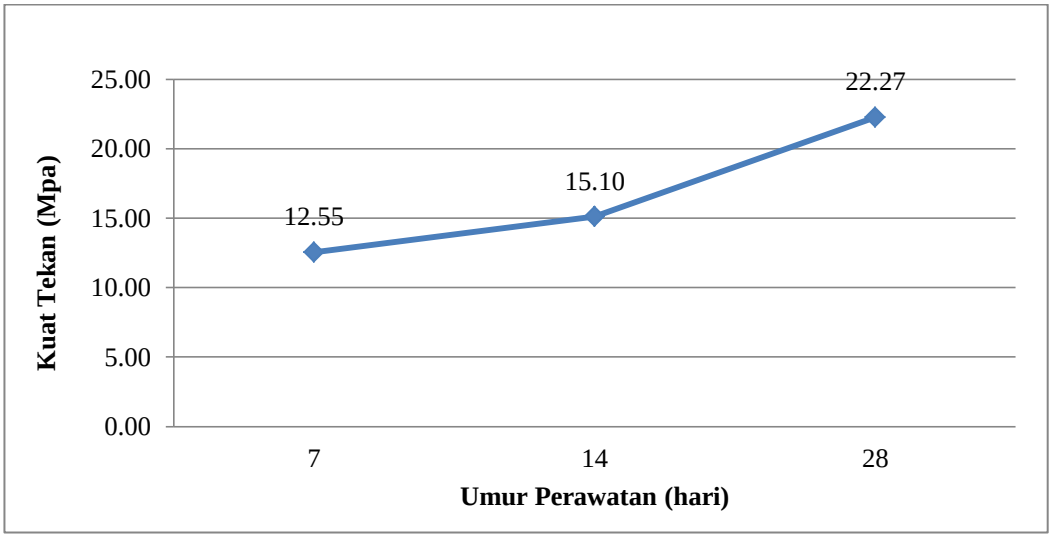
3. Abu tandan kelapa sawit 2%

Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan pada Abu tandan kelapa sawit 2% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Rekap hasil kuat tekan beton Abu Tandan Klapa Sawit 2%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,610	221,66	12,55
2	14 Hari	11,877	266,66	15,10
3	28 Hari	11,859	393,33	22,27

Pada pengujian sampel uji dengan Abu tandan Kelapa Sawit 2% dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan sebesar 12,55 MPa untuk umur 7 hari, 15,10 MPa untuk umur 14 hari dan 22,27 MPa untuk umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncanakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Grafik pengujian kuat tekan beton Abu tandan kelapa sawit 2%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton dengan abu tandan kelapa sawit 2% mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 2,55 Mpa sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 7,17 Mpa.

4. Abu tandan kelapa sawit 2,5%

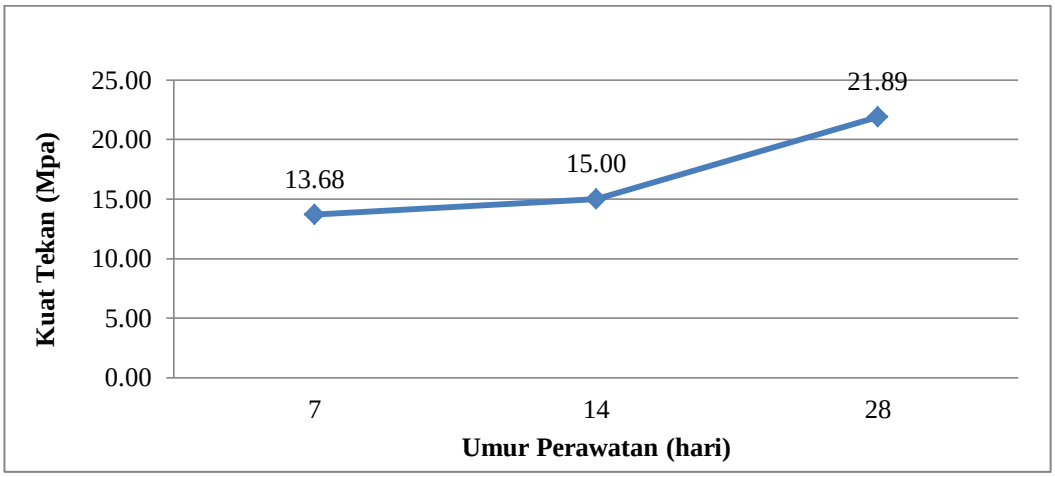
Berdasarkan hasil penelitian, kuat tekan pada Abu tandan kelapa sawit 2,5% yang didapat pada pengujian 7, 14 dan 28 hari ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Tabel rekap hasil kuat tekan Abu tandan kelapa sawit 2,5%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,566	241,66	13,86
2	14 Hari	12.278	265,00	15,00
3	28 Hari	11,906	386,66	21,89

Pada pengujian sampel uji dengan Abu tandan kelapa sawit 2,5% dengan ukuran 15 x 30 cm dengan jumlah sampel 3 buah didapat kuat tekan sebesar 13,86 MPa untuk umur 7 hari, 15,00 MPa untuk umur 14 hari, dan 21,89 MPa untuk

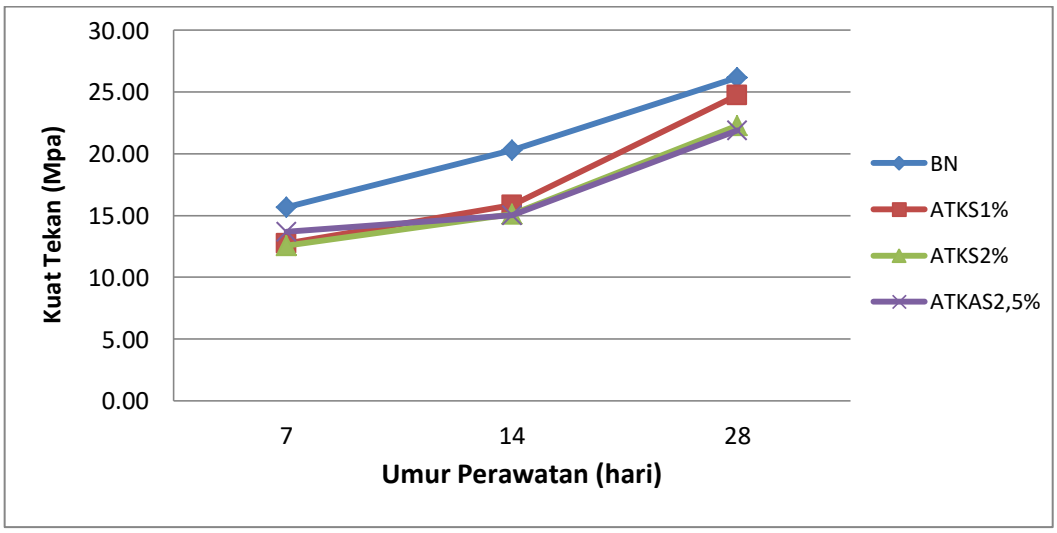
umur 28 hari, memenuhi kuat tekan yang direncakan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Grafik pengujian Abu Tandan Kelapa Sawit 2,5%

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa Abu Tandan Kelapa Sawit 2,5% mengalami peningkatan kuat tekan dari umur 7 hari ke umur 14 hari sebesar 1,32 Mpa atau sedangkan untuk umur 14 hari ke 28 hari mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 6,89 Mpa.

Berikut adalah grafik gabungan penggunaan abu tandan kelapa sawit:



Gambar 4. 9 Grafik gabungan pengunaan abu tandan kelapa sawit

Pada grafik diatas dapat dijelaskan bahwa beton mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 2,92 MPa pada abu tandan kelapa sawit 1%, mengalami penurunan sebesar 3,11 Mpa pada abu tandan kelapa sawit 2% dan mengalami penurunan sebesar 1,98 MPa pada pada abu tandan kelapa sawit 2,5%.

Pada beton umur 14 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 4,46% pada abu tandan kelapa sawit 1%, mengalami penurunan sebesar 5,2% pada abu tandan kelapa sawit 2% dan mengalami penurunan 5,31% pada abu tandan kelapa sawit 2,5%.

Pada beton umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal sebesar 1,44 Mpa pada abu tandan kelapa sawit 1%, mengalami penurunan sebesar 3,89 Mpa pada abu tandan kelapa sawit 2% dan kemudian mengalami penurunan sebesar 4,27 Mpa pada abu tandan kelapa sawit 2,5%.

Persentase penuruan pada masing-masing variasi abu tandan kelapa sawit terhadap beton adalah :

a. Variasi ATKS1% mengalami penurunan sebesar 5.50% terhadap beton normal
b. Variasi ATKS2% mengalami penurunan sebesar 14.88% terhadap beton normal
c. Variasi ATKS2,5% mengalami penurunan sebesar 16.32% terhadap beton normal

D. Kuat Lentur Beton

Setelah dilakukannya pembuatan, uji slump, dan perawatan benda uji balok, selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian kuat lentur benda uji.

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari mutu beton yang direncanakan(f'c) sebesar 25 MPa sebanyak 8 sampel dengan menggunakan metode SNI 03- 2834-2000, yang terdiri dari 4 (empat) variasi campuran, yaitu Beton Normal, abu tandan kelapa sawit 1%, abu tandan kelapa sawit 2% dan abu tandan kelapa sawit 2,5%. Untuk masing- masing variasi campuran dibuat 2 sampel. Hasil pengujian adalah sebagai berikut:

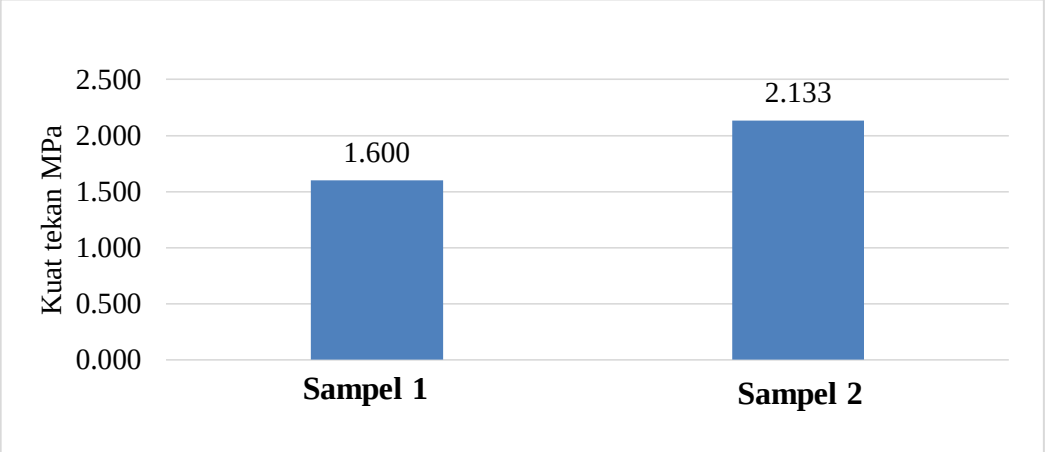
1. Beton Normal

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi normal dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Kuat lentur balok Beton Normal *(Sumber: Analisis Data)*

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,900	0,0	0,000	
	2	32,900	6,0	1,600	Patah
2	1	31,860	0,0	0,000	
	2	31,860	8,0	2,133	Patah

Tabel 4.16 di atas menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 14,00 KN dengan rata-rata 7,00 KN dan jumlah modulus of rapture 3,73 MPa dengan rata-rata 1,86 MPa. Pada detik ke 2 (dua) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 10 Grafik Beton Normal

Pada gambar 4.10 di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi normal sampel 1 sebesar 1,60 MPa dan sampel 2 sebesar 2,13 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 0,53 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 1,86 MPa.

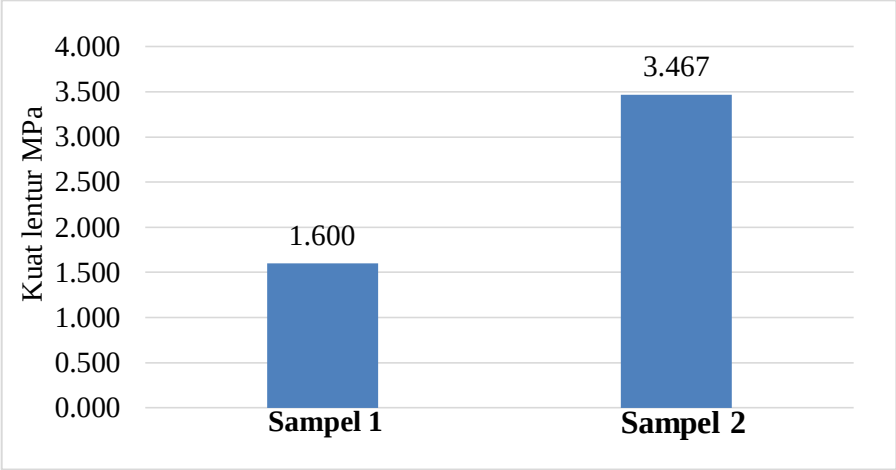
2. Abu tandan kelapa sawit 1%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Abu tandan kelapa sawit 1% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Kuat lentur balok variasi Abu tandan kelapa sawit 1% (*Sumber: Analisis data*)

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	31,695	0,0	0,000	
	2	31,695	6,0	1,600	Patah
2	1	32,855	0,0	0,000	
	2	32,855	4,0	1,067	
	3	32,855	13,0	3,467	Patah

Tabel 4.17 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 19,00 KN dengan rata-rata 9,50 KN dan jumlah modulus of rapture 5,07 MPa dengan rata-rata 2,53 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 11 Grafik kuat lentur abu tandan kelapa sawit 1%

Gambar 4.11 menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi agregat halus alami sampel 1 sebesar 1,60 MPa dan sampel 2 sebesar 3,46 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 1,6 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,53 MPa.

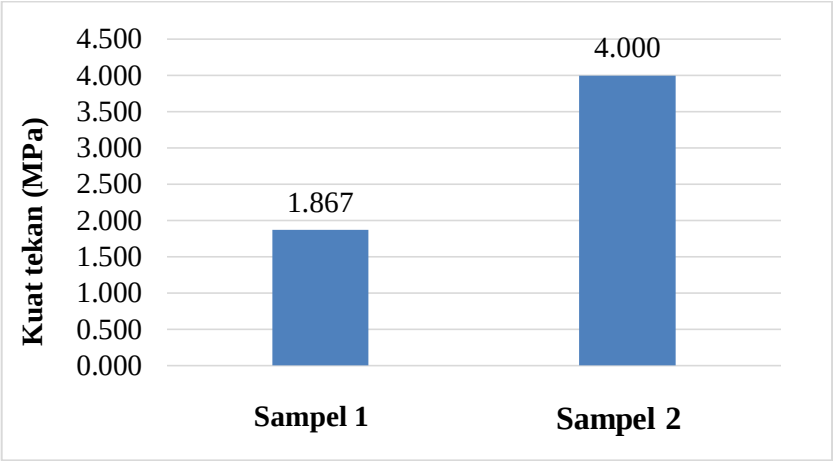
3. Abu tandan kelapa sawit 2%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton variasi Variasi abu tanda kelapa sawit 2% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat tarik lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Balok variasi Abu tandan kelapa sawit 2% (*Sumber : Analisis data*)

Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,250	0,0	0,000	
	2	32,250	7,0	2,667	Patah
2	1	32,210	0,0	0,000	
	2	32,210	8,0	2,133	
	3	32,210	15,0	4,000	Patah

Tabel 4. 18 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 22,00 KN dengan rata-rata 11,00 KN dan jumlah modulus of rapture 5,87 MPa dengan rata-rata 2,93 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 12 Grafik kuat lentur variasi Abu tandan kosong kelapa sawit 2%

Gambar 4. 12 menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi abu tandan kelapa sawit 2% sampel 1 sebesar 1,86 MPa dan sampel 2 sebesar 4,00 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 2,13 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,93 MPa.

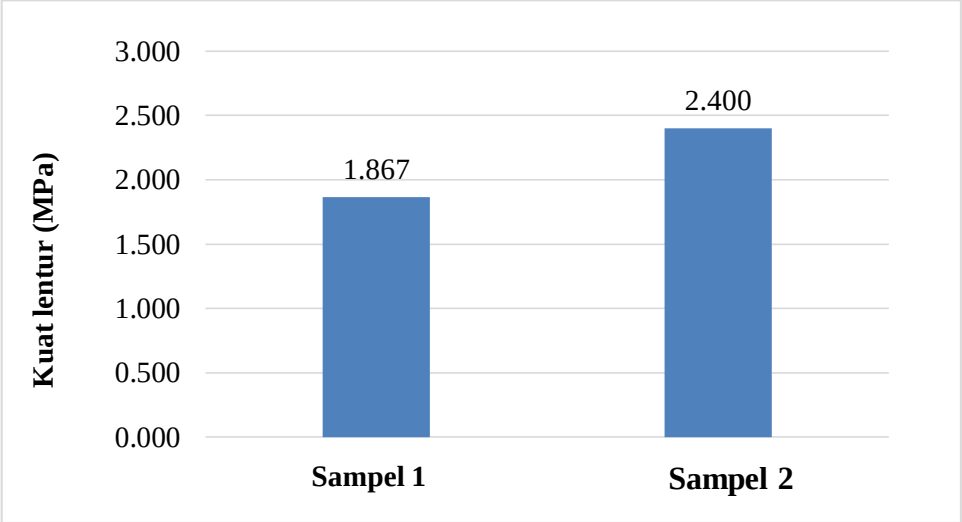
4. Abu tandan kelapa sawit 2,5%

Dari hasil penelitian, pengujian terhadap beton Variasi abu tandan kelapa sawit 2,5% dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari hasil kuat lentur yang di dapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 19 Abu tandan kelapa sawit 2,5% *(Sumber: Hasil pengolahan data)*

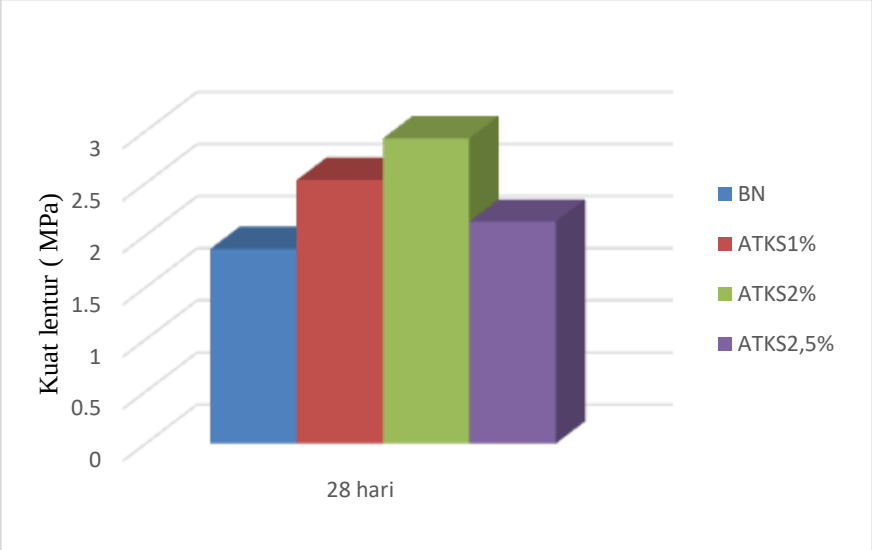
Sampel	Detik	Berat (kg)	Beban (KN)	Modulus of Rapture (MPa)	Keterangan
1	1	32,900	0,0	0,000	
	2	32,900	7,0	1,867	Patah
2	1	31,860	0,0	0,000	
	2	31,860	9,0	2,400	Patah

Tabel 4.16 menjelaskan bahwa, jumlah beban maksimum 16,00 KN dengan rata-rata 8,00 KN dan jumlah modulus of rapture 4,27 MPa dengan rata-rata 2,13 MPa. Pada detik ke 3 (tiga) kedua sampel balok sudah patah.



Gambar 4. 13 Grafik kuat lentur variasi Abu tandan kelapa sawit 2.5%

Gambar 4.6 di atas menjelaskan bahwa kuat lentur dengan variasi agregat halus alami sampel 1 sebesar 2,40 MPa dan sampel 2 sebesar 2,93 MPa. Sampel 2 mengalami peningkatan dari sampel 1 sebesar 0,53 MPa. Dan nilai rata-rata yang didapatkan yaitu 2,67 MPa.



Gambar 4. 14 Grafik gabungan kuat lentur beton

Gambar 4.14 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya abu tandan kelapa sawit pada campuran beton, maka semakin menurunkan kuat lentur pada campuran beton. Nilai kuat lentur rata-rata pada variasi normal sebesar 1,87 MPa, variasi ATKS1% sebesar 2,53 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 0,13 MPa dari variasi normal. Sedangkan variasi beton ATKS2% mengalami peningkatan nilai dari variasi ATK1% sebesar 0,4 MPa dan Variasi ATKS2,5% penurunan sebesar 0,14 MPa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dibahas diatas, dapat ditarik kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh substitusi semen dengan abu tandan kelapa sawit hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi beton normal, ATKS1%, ATKS2% dan ATKS2,5% maka didapatkan hasil kuat tekan pada beton 28 hari pada beton normal sebesar 26,16 MPa. Untuk variasi ATKS1% sebesar 24,72 MPa. Untuk variasi ATKS2% sebesar 22,27 MPa. Untuk variasi ATKS 2,5% sebesar 21,89 MPa. Variasi ATKS1% mengalami penurunan sebesar 5.50% terhadap beton normal, untuk variasi ATKS2% mengalami penurunan sebesar 14.88% terhadap beton normal, dan untuk variasi ATKS2,5% mengalami penurunan sebesar 16,32% dari beton normal. Maka dapat disimpulkan bahwa beton ATKS1%, ATKS2%, dan ATKS2,5% tidak mencapai kuat tekan rencana dan tidak layak digunakan.
2. Pengaruh substitusi semen dengan abu tandan kelapa sawit hasil pengujian kuat lentur dengan variasi beton normal, ATKS1%, ATKS2% dan ATKS2,5% maka didapatkan hasil kuat lentur pada beton 28 hari pada beton normal sebesar 1,87 MPa, variasi ATKS1% sebesar 2,53 MPa dan mengalami peningkatan sebesar 0,13 MPa dari variasi normal. Sedangkan

variasi beton ATKS2% mengalami peningkatan nilai dari variasi ATKS1% sebesar 0,4 MPa dan Variasi ATKS2,5% penurunan sebesar 0,14 MPa.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan abu tandan kelapa sawit dengan presentase yang berbeda.
2. Disarankan pengunaaan campuran abu tandan kelapa sawit dengan variasi yang berbeda umtuk mengetahui kadar optimal yang cocok untuk penggunaan abu tandan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

Amna, Khairul, Wesli, and Hamzani. 2014. "*Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap Kuat Tekan*." *Teras Jurnal* 4(2): 11–20.

Beton, Modifikasi et al. 2021. "*Volume 4 Nomor 1 Tahun 2021*." 266: 121043. http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks.

Bintoro, Agnes Yuanita, Arthur Daniel Limantara, and Sigit Winarto. 2018. "*Evaluasi Kekuatan ConcBlock Dengan Agregat Halus Dan Agregat Kasar Dari Tempurung Kelapa.*" *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 1(1): 160–71.

Hasibuan, Feri Iman. 2021. "*PERBANDINGAN KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN SERBUK KAYU DAN ABU AMPAS KOPI DENGAN AGREGAT KASAR BERGRADASI SERAGAM.*" Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Hasil, Jurnal, and Penelitian Bidang. 2021. *"EINSTEIN (e-Journal)."* : 12–17.

Kusuma, Halim. 2018. *"Pengaruh Penambahan Limbah Ekstraksi Buah Kelapa Sawit Terhadap Pembuatan Beton." jom FTEKNIK* 5: 1–7.

Latar, A. 1911. "1) , 2) , 2) 1)." : 1–7.

Mahendra, Y. I, Gardjito. E, Ridwan. A, Wicaksono. H. 2021. *"Meningkatkan Kuat Tekan Beton Fc' 16,60 Mpa Menggunakan Fly Ash Dan Arang Batok Kelapa."* Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil 4: 1–13.

Panjaitan, Ataya Nabila, Rizky Suci Ramadhani, and Ernie Shinta Y Sitanggang. 2021. *"Pengaruh Abu Ampas Kopi Terhadap Kuat Tekan, Porositas Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Beton."* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Agregat 1(1): 1–5.

Prasetyadi, Wahid Putra. 2013. *"Pengaruh Penambahan Pozzolan Pada Ordinary Portland Cement Terhadap Kualitas Pozzolan Portland Cement."* Repository Universitas Muhammadiyah Purwokerto: 5–19.

Prianti, Epi, Mariana Bara'allo Malino, and Boni Pahlanop Lapanporo. 2015. *"Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Hasil Pembakaran Limbah Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Parsial Pasir Pada Pembuatan Beton."* Positron 5(1): 26–29.

Rahman, Fauzi, and Fathurrahman Fathurrahman. 2017. *"Pemanfaatan Hasil Pembakaran Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengganti Pasir Pada Pembuatan Beton Normal."* Media Ilmiah Teknik Sipil 6(1): 30–40.

Silas Kandiyufiter, Yufiter, Ruslan Ramang, and Remigildus Cornelis. 2012. *"Substitusi Agregat Halus Beton Menggunakan Kapur Alam Dan Menggunakan Pasir Laut Pada Campuran Beton."* Jurnal Teknik Sipil 1(4): 74–86.https://jurnalmesin.petra.ac.id/index.php/jurnal-teknik-sipil/article/view/18901.

Wimaya, Shirfi, Ahmad Ridwan, and Sigit Winarto. 2020. *"Modifikasi Beton Fc 9,8 Mpa Menggunakan Abu Ampas Kopi."* Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil 3(2): 234.